

光化学オキシダント短期予測モデルの開発

藤 田 眞 一

Development of Prediction Models for Photochemical Oxidants

FUJITA Shinichi

要旨

筆者らが開発した新旧2つの光化学スモッグ緊急時対策支援のための光化学オキシダント濃度の短期予測モデルを紹介した。

旧モデルは、1980年代に開発したモデルであり、数量化I類により気象インデックスを予測し、予測した気象インデックスと大気汚染常時監視データを用いて、改良型GMDHにより3時間先のオキシダント濃度を時系列予測するGMDHと数量化理論の複合モデルであった。予測には、即時に予測計算ができるよう、大気汚染常時監視測定局からオンラインリアルタイムで得られる大気汚染測定データ及び気象データのみを使用した。予測モデルの評価結果として、光化学スモッグの注意報の基準である120ppb (0.12ppm) 付近の高濃度域においてもよく整合していた。

新モデルは、気象台からその日の朝9時に得られる高層気象データなどの広域気象データと、大気汚染常時監視測定局データにより、オキシダントの日最高濃度を予測するモデルであり、クラスタ内で構築される重回帰式の線形性に配慮してクラスタリングと重回帰式の同時決定を行うファジィモデルである。モデル化に当たっては、光化学スモッグの注意報の基準である120ppb (0.12ppm) 付近の高濃度域においてもよく整合するよう重み付き重回帰モデルを採用した。予測モデルの評価結果として、光化学スモッグの発令地域全域を対象とした場合においても、光化学スモッグの注意報付近の高濃度域においても十分に整合していた。特に、新しいモデルは常時監視測定局における測定項目が少なくても近傍の測定局のデータで補完できることから、測定項目が縮小されている現状に合ったモデルであるといえる。

キーワード：オキシダント、光化学スモッグ、ファジィモデリング、短期予測、GMDH

平成21年10月28日 原稿受理

大阪産業大学 人間環境学部非常勤講師 (藤田環境技術士事務所代表)

1. はじめに

光化学スモッグは、晩春から初秋にかけての昼間、オキシダントの高濃度が観察される現象である。光化学スモッグは、1943年、アメリカ・ロスアンゼルス地域を中心に発生したのが最初といわれ、わが国では、1970年7月18日に東京都杉並区の高校において生徒から被害の訴えがあった。大阪府では、翌年の1971年8月9日に初めて光化学スモッグ注意報が発令されたが、同月27日には、光化学スモッグ注意報の発令中に高石市内において中学生など118人が被害を訴えたのをはじめ、岸和田市、泉佐野市及び泉大津市においても被害の訴えがあり、この日の被害訴え総数は249人となり、うち10人が入院治療を受けるなど、大きな社会問題となった。

1980年代に入り、光化学スモッグの発令件数は減少し、その後横ばい傾向を示すようになってきた。光化学スモッグは比較的古い公害問題とされているが、オキシダントの環境基準は未だに達成されておらず、近年、光化学スモッグの発生地域が広がる傾向にあるなど、オキシダント汚染（オゾン汚染）の問題は、今日でも克服すべき重要な環境問題の一つである。

光化学スモッグの発令権限は都道府県知事にあり、各都道府県において光化学スモッグ緊急時システムが確立されている。大気汚染および気象状況を常時監視し、オキシダント濃度が緊急時発令基準を超え、当該条件が継続すると考えられる場合に発令がなされ、対象工場における排出ガス量の削減等の対策が講じられる。緊急時の措置が迅速かつ適確に行われることを支援するには、数時間先のオキシダントの濃度レベルを予測することが重要である。

筆者は1974年に大阪府に入庁し、光化学スモッグが社会問題化するなか、公害監視センター（現:環境農林水産総合研究所）において、環境汚染の解析・予測モデルの開発など環境情報システムの開発に従事する傍ら光化学スモッグの発令業務にも携わっており、大阪府域を対象として光化学スモッグの短期予測モデルを開発した^{1,2)}。このモデルは、GMDH³⁾と数量化理論⁴⁾の複合モデルにより、常時監視測定局からオンラインリアルタイムで得られる大気汚染測定データ及び気象データのみを使用して、数時間先のオキシダント濃度を時系列予測するものであった。

その後、気象台から高層気象データなどの広域的なデータが得られるようになり、より精度の高い予測モデルの開発が期待できるようになった。

筆者は2004年に久しぶりに、「大阪府環境情報センター」と組織名を変えた公害監視センターに戻ることであり、光化学スモッグ緊急時の責任者も務めることとなったが、オキ

シダント対策は、大陸からの移流によるオゾン汚染の問題や⁵⁾、また大阪府においても2005年には3年ぶりに光化学スモッグの被害報告があるなど、まだまだ地方環境行政にとって重要な課題の一つであった⁶⁾。

このため、大阪府域を対象として、气象台から得られる広域データ、大気汚染及び気象の常時監視データを用いて、その日の朝に入手可能なデータにより、オキシダントの日最高濃度を予測するモデルの開発を検討することとした^{7, 8)}。

本論文では、筆者らが開発した新旧2つの光化学オキシダント短期予測モデルを紹介することにより、大気汚染の統計的な予測手法の変遷について概説する。

2. 光化学スモッグ緊急時システムの概要

光化学スモッグの緊急時システムは、全国の都道府県で同様なシステムが構築されているが、本論文では大阪府を事例として紹介する。

光化学スモッグの緊急時システムの概要を図1に示す。大阪府域では、図2に示す大気汚染常時監視測定局においてオキシダント濃度を測定しており、光化学スモッグ緊急時の地域は、図2の太線で囲まれた7つの地域に分割されていて、光化学スモッグ緊急時の発令は各々の地域ごとになされる。測定局では、表1に示すデータが常時測定されており、測定データは毎時間（高濃度時には10分ごと）センターの中央監視局に送信される。

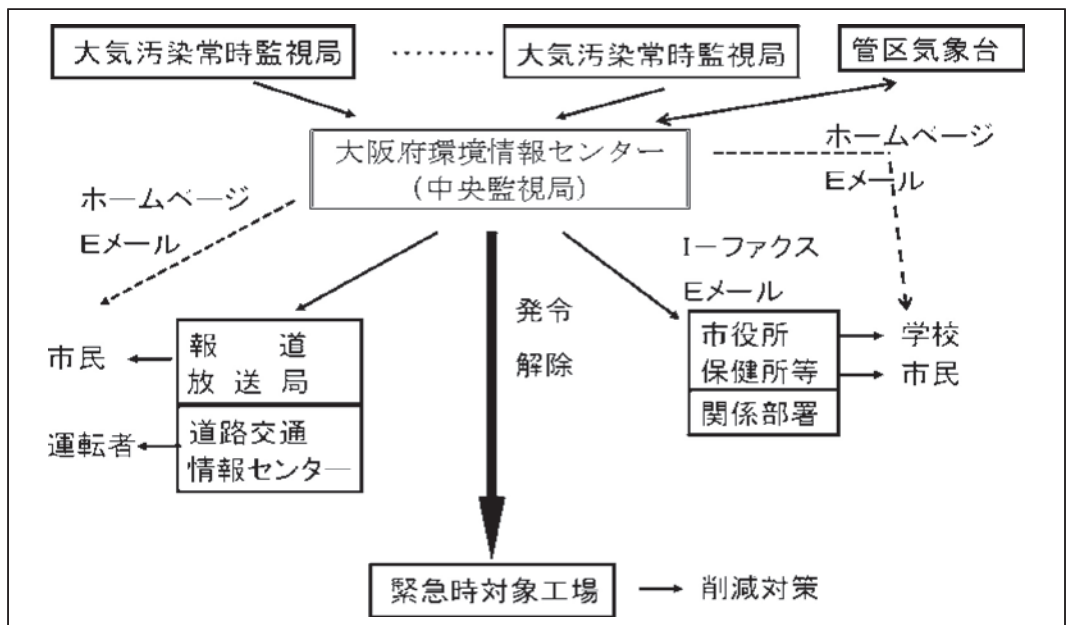


図1 光化学スモッグ緊急時システムの概念図

オキシダント濃度が表2の中欄に示す値を超え、気象条件からその状態が継続すると予測される場合には、緊急時の発令がなされ、緊急時対象工場にファクスやEメールで発令内容が通知され、対象工場では表2の左欄に示す措置が講じられる。また、発令内容は大阪府域の市町村、交通情報センターにも通知され、大阪府の環境ホームページ（エコギャラリー）にもリアルタイムで掲載される⁶⁾。



図2 大阪府域の大気汚染測定局の配置と発令地域

表1 大気汚染常時監視局における測定項目

オキシダント	非メタン炭化水素
二酸化硫黄	風向・風速
一酸化窒素	温度、湿度
二酸化窒素	降雨量
浮遊粒子状物質	日射量
全炭化水素	

表2 光化学スモッグ緊急時発令基準と主な措置

緊急時レベル	発令基準	主な措置
予報	$Ox > 0.08 \text{ ppm}$ 注意報に至る	特別対象工場20%削減
注意報	$Ox > 0.12 \text{ ppm}$ 状態が継続	特別対象工場20%削減 一般対象工場20%削減
警報	$Ox > 0.24 \text{ ppm}$ 状態が継続	特別対象工場40%削減 一般対象工場20%削減
重大緊急警報	$Ox > 0.40 \text{ ppm}$ 状態が継続	特別対象工場40%削減 一般対象工場40%削減 交通規制遵守の要請

3. オキシダント濃度の短期予測手法（GMDHの応用）

GMDHを用いたオキシダント濃度の短期予測モデルについて説明する^{1,2)}。

3.1 GMDHの概要

GMDH (Group Method of Data Handling) は、ロシアのIvakhnenkoによって開発された自己組織的に複雑な系のモデリングを行う手法である³⁾。

出力 y が式(1)のように、入力変数 $x_1, x_2, x_3 \dots$ の関数で表されるとする。

$$y = \phi(x_1, x_2, x_3 \dots) \quad (1)$$

ここで、関数 $\phi(x_1, x_2, x_3 \dots)$ は、式(2)のように、 $x_1, x_2, x_3 \dots$ の組合せからなる高次の多項式で展開できる。

$$y = \phi = \sum \sum \sum \dots a_{ijk} \dots \cdot b_{ijk} \dots \cdot c_{ijk} \dots \cdot x_1^n \cdot x_2^m \cdot x_3^l \cdot \dots \quad (2)$$

GMDHでは、入力変数から単純な(2次まで)の入力変数の組を作り、この組の中から出力データに良く整合する組のみを残し、この結果を中間変数とし、さらにこの中間変数を入力変数として同様な手続きを繰り返すことによって、出力データに最も整合した高次の多項式を求める。

例えば、第1層で、 $y_1 = a_0 + a_1 \cdot x_1^2 + a_2 \cdot x_1^2$ と $y_2 = b_0 + b_1 \cdot x_1^2 + b_2 \cdot x_1^2$ が選択されたとすると、第2層でこれを中間変数として作成された(3)式に示す2次の多項式が選定された場合、 z_1 は x_1, x_2 の4次の多項式となる。

$$z_1 = c_0 + c_1 \cdot y_1 + c_2 \cdot y_2 + c_3 \cdot y_1 \cdot y_2 + c_4 \cdot y_1^2 + c_5 \cdot y_2^2 \quad (3)$$

このように層を進めることにより、出力データに最も整合した複雑な高次の多項式を得ることができる。

3.2 改良型GMDHを用いた光化学オキシダント予測モデル

光化学オキシダント予測モデルとして、図3に示した田村等が開発した改良型のGMDH⁹⁾を用いた。

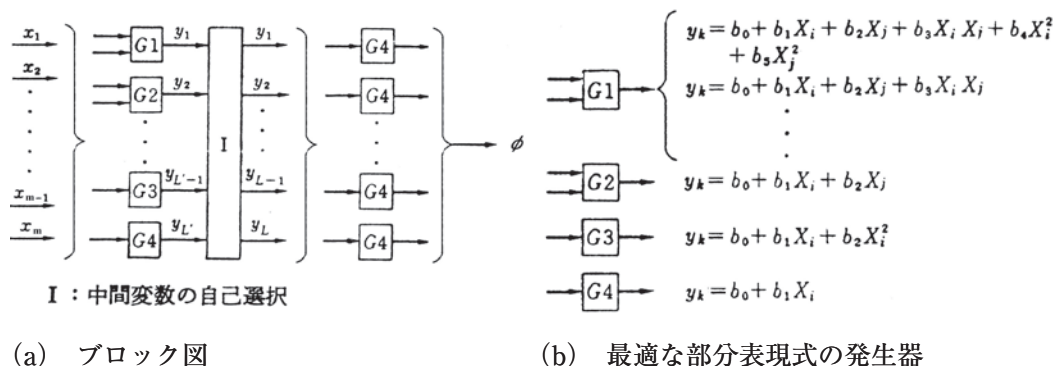


図3 改良型GMDHの概念

改良型GMDHは、中間変数の自己選択の基準、層の打ち切りの判定基準にPSS(予測平方和)または、AIC(赤池の情報基準量)を用いる手法であり、入力変数の組合せである各層における部分表現式も図3の(b)に示された形の2次までの多項式の発生器を用いている。出力データは、将来(数時間後)のオキシダント濃度とし、即時的に予測する必要があることから、入力データは全てリアルタイムに得られる表1に示したオンライン常時監視データを用いることとした。

3.2 1時間先の予測モデル

まず、GMDHを用いたモデルの有用性を検討するため1時間先の予測を行うこととした。入力データには表3に示したオキシダント濃度そのものと気象(東西風・南北風、気温)の1時間以上前のデータを用いることとした。1979年8月11日～15日の国設大阪局(大阪市東成区)のデータを用いることとし、11日～14日までをモデルの作成期間、15日をモデル検証期間とした。改良型GMDHによる予測結果として、PSSを用いた結果を図4に、AICを用いた結果を図5に示すが、双方とも実測値と予測値の相関は0.94と良い結果を示している。

表3 1時間先の予測に用いた項目

番号	項目名称
1	オキシダント1期遅 Ox(t-1)
2	オキシダント2期遅 Ox(t-2)
3	オキシダント3期遅 Ox(t-3)
4	オキシダント4期遅 Ox(t-4)
5	東 西 風 1期遅 U(t-1)
6	南 北 風 1期遅 V(t-1)
7	気 温 1期遅 T(t-1)
8	気 温 2期遅 T(t-2)
9	気 温 3期遅 T(t-3)

大阪府公害監視センターにその当時設置されていた汎用型電子計算機ACOS500を用いて計算を行ったが、処理時間はPSSを用いた場合は7分30秒、AICを用いた場合は45秒であった。予測精度に差異はなく、また、緊急時対策支援のためのモデルであり短時間で予測する必要があることから、以降は処理時間の短いAICを用いた改良型GMDHを用いて検討することとした。

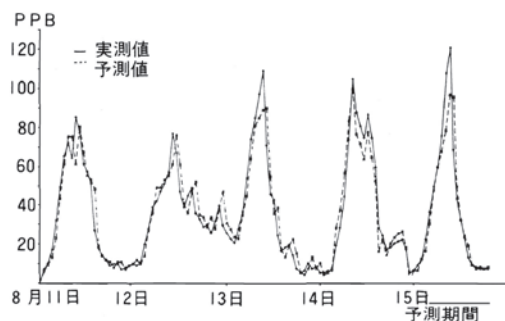


図4 オキシダント1時間予測結果 (PSS)

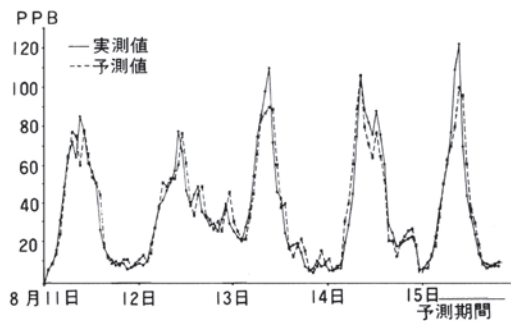


図5 オキシダント1時間予測結果 (AIC)

3.3 3時間先の予測モデル (単純予測)

光化学スモッグ緊急時対策業務に実際に利用するためには、朝9頃にその時刻までのデータを用いて当日の昼間の濃度を予測する必要がある。即ち、3時間以上先の濃度予測が必要である。このため、3時間先の予測モデルについて検討することとした。

まず、表3に示した項目について、単純に1時間遅れを3時間遅れへと順次ずらした項目を用いて計算を行った。図6に計算結果を示すが、相関は0.88であったが、緊急時の

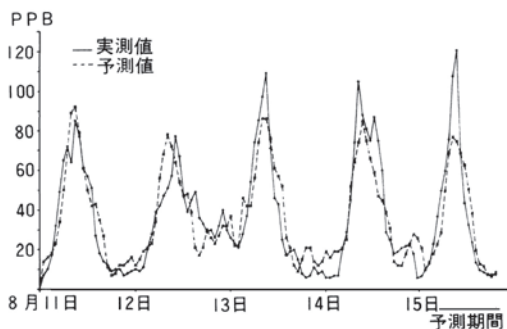


図6 オキシダント3時間予測結果 (単純予測)

発令判断に必要な0.12ppm (120ppb) 付近の高濃度域での予測がかなり低めに予測されており、このままでは実利用に耐えるモデルではないと考えられた。

このため、次にモデルの改良を検討することとした。

3.4 3時間先の予測モデルの改良

3.4.1 数量化を考慮したGMDHモデル

オキシダント濃度は気象条件に強く依存し、また、窒素酸化物など他の汚染物質の濃度にも依存することから、以下の点を考慮してモデルの改良を行った。

- ① 前節では用いなかった項目の追加
- ② 予測対象局以外（鉛直測定局、海側局）の気象データの使用
- ③ 気象条件の数量化

予測に当たっては、まず、数量化I類を用いて気象インデックスとしてのオキシダント

濃度を予測し、次に気象インデックスと予測対象局のデータを用いて改良型GMDHにより3時間先のオキシダント濃度の計算を行うこととした。

3.4.2 気象インデックスの予測

測定局の風向・風速とオキシダント濃度との関係から、オキシダントの気象インデックスを求めるため、表4に示す各アイテムとカテゴリデータを用い、3時間先のオキシダント濃度を目的変数とし、次式により数量化I類による解析を行った。

$$y_v = \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^{p_j} X_{jk} \cdot \delta_v(jk) + e_v \quad (v = 1, 2, 3 \dots n) \quad (4)$$

ここで、

r : アイテム数

p_j : 第 j アイテムに属するカテゴリ数

X_{jk} : 第 j アイテムの第 k カテゴリに対する係数

e_v : 誤差

$$\delta_v(jk) = \begin{cases} 1 & (\text{サンプル } v \text{ がアイテム } j \text{ のカテゴリ } k \text{ に該当した場合}) \\ 0 & (\text{サンプル } v \text{ がアイテム } j \text{ のカテゴリ } k \text{ に該当しない場合}) \end{cases}$$

表4 気象インデックス予測のためのアイテムとカテゴリ

アイテム	海側局の風向	海側局の風速	内陸局の風向	内陸局の風速	鉛直測定局の風向 (65m)	鉛直測定局の風速 (65m)	鉛直測定局の風向 (160m)	鉛直測定局の風速 (160m)
カテゴリ	N	0.5m/s<	N	0.5m/s<	N	0.5m/s<	N	0.5m/s<
	W	0.5 ~ 1.5m/s	W	0.5 ~ 1.5m/s	W	0.5 ~ 1.5m/s	W	0.5 ~ 1.5m/s
	S	1.5 ~ 2.5m/s	S	1.5 ~ 2.5m/s	S	1.5 ~ 2.5m/s	S	1.5 ~ 2.5m/s
	E	2.5 ~ 3.5m/s	E	2.5 ~ 3.5m/s	E	2.5 ~ 3.5m/s	E	2.5 ~ 3.5m/s
		3.5m/s>		3.5m/s>		3.5m/s>		3.5m/s>

次のステップである改良型GMDHによるオキシダント濃度予測には表5に示すようにこの気象インデックス y_v を用いた。

表5 オキシダント3時間先に用いた項目

番号	項 目	番号	項 目
1	オキシダント 3期遅 Ox(t-3)	9	東 西 風 3期遅 U(t-3)
2	〃 4期遅 Ox(t-4)	10	南 北 風 3期遅 V(t-3)
3	〃 5期遅 Ox(t-5)	11	一酸化窒素 3期遅 NO(t-3)
4	気 温 3期遅 T(t-3)	12	二酸化窒素 3期遅 NO ₂ (t-3)
5	気 温 4期遅 T(t-4)	13	日 射 量 3期遅 SR H(t-3)
6	気 温 5期遅 T(t-5)	14	日 射 量 4期遅 H(t-3)
7	湿 度 3期遅 H(t-3)	15	数量化I類予測結果 y _v (t)
8	湿 度 4期遅 H(t-4)	16	〃 1期遅 y _v (t-1)

3.4.2 予測結果

改良型GMDHによる予測結果を図7に示す。予測値と実測値の相関は0.92であり、また、光化学スモッグの注意報の発令基準である0.12ppm (120ppb) 付近の高濃度域においても、よく整合しており、実利用の可能性があると判断できた。

さらに、表5に示す項目毎に感度解析を行い、予測に用いる項目数の削減を図った。その結果、表5に示した項目のうち1, 5, 7, 13, 15の5項目のみで、同様の予測精度が得られることが分かった。

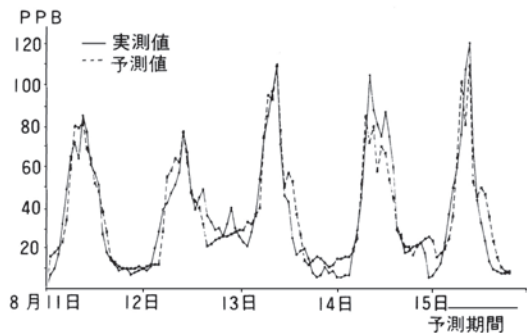


図7 オキシダント3時間予測結果 (数量化I類)

3.5 改良型GMDHによるオキシダント濃度の短期予測について

さらに、他の測定局及び測定期間を対象にモデルの検証を行い、予測モデルを大阪府のシステムに組み込んだ¹⁰⁾。しかし、その後常時監視測定局の測定項目も徐々に縮小され、新日本製鉄の煙突に設置された鉛直測定局 (65m, 160m) も廃止された。

次に、気象台の高層気象データなど広域気象データも取り入れた新しい予測モデルの開発について説明する^{7, 8)}。

4. ファジィモデルによるオキシダント予測

大阪府環境情報センターには、毎朝9時過ぎに気象台から表6に示す広域気象データが送信されてくる。当日の朝にその日のオキシダントの最高濃度を予測することは、緊急時対策の支援として大変有用である。

このため、この広域気象データと午前9時までに得られる大気汚染常時監視データ(表1参照)を用いて、その日のオキシダントの日最高濃度を予測するモデルを開発することとした。

表6 気象台の広域気象データ

番号	項目
1	地衡風向
2	気圧傾度
3	高層風向
4	高層風速
5	天気
6	視程
7	日最高気温(予報)
8	気圧配置

4.1 モデル化の方針

高木・菅野のファジィモデル^{11, 12)}に従って、次のようなIf-thenモデルを作成する。

$$R^k \begin{cases} \text{if } x_p \text{ is } A_p^k \text{ and } x_q \text{ is } A_q^k, \text{ and } \dots \\ \text{then } y = c_0^k + \sum_i c_i^k \cdot x_i \end{cases} \quad (5)$$

ここで、 x_p はクラスタリングに用いる前件部変数といい、 x_i は回帰式の説明変数となる変数で後件部変数という。

次の方針に基づきモデル化を行うこととした。

- ① 基準変数(出力変数) y はオキシダント日最高濃度。
- ② 経験的にオキシダント濃度の挙動に関連すると考えられる項目の組み合わせも変数として用いる。
- ③ 後件部を構築する変数の候補をAICを用いた変数増減法による重回帰分析により選択する。選択した変数はそれ以降に用いる。
- ④ 前件部変数として気象データを用いてファジィクラスタリングを行う。
- ⑤ クラスタ内で構築される重回帰式の線形性に配慮して、クラスタリングと重回帰式の同時決定を行う。

4.2 対象局におけるモデル化の検討

4.2.1 対象局による予測モデル

モデルの検証のため、大阪市内にある国設大阪局を対象に予測モデルを作成した。2001年から2003年のデータを用いてモデル化を行い、2004年のデータを用いて検証することとした。

ここで、②で述べた経験的にオキシダント濃度の挙動と関係する項目として、窒素酸化物濃度から求めた次のオキシダントポテンシャルを新たな項目として用いることとした。

$$PO = NO_2 - a \cdot (NO_2 + NO) \quad (6)$$

このPOを表2と表6に示した項目に加えて変数増減法による重回帰分析を行った。その結果、表7に示す4項目が後件部変数を構築するための項目として採用された。前件部変数は、各項目についてクラスタ内のデータ個数を十分多く確保できるよう各項目の感度分析を行い、地衡風向と気圧傾度の組合せ変数、天気、気圧配置が採用された。

図8にモデル検証期間における計算結果を示すが、実測値が注意報の発令基準である120ppbを超える高濃度域において予測値が120ppb未満となっており、また、逆に予測値が120ppbを超えているが実測値が120ppb未満となっていた。この結果から、本モデルはこのままでは光化学スモッグ緊急時支援として用いるには十分とはいえないと判断された。

このため、モデルの改良を検討することとした。

表7 モデル作成に用いる後件部変数

番号	項目
1	オキシダント濃度（午前9時）
2	PO（午前9時）
3	高層風速（午前9時）
4	日射量（午前9時）

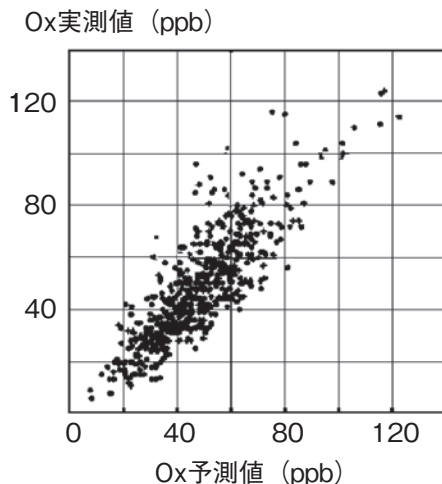


図8 対象局における予測結果（モデル検証期間）

4.2.2 モデル化の改良

表2で示した緊急時のうち「予報」は法律にはなく大阪府条例による発令項目であり、注意報に至ると判断される場合にのみ発令される。また、大阪府域では警報の発令は、過去に一度あっただけである。このため、オキシダント濃度が0.12ppm (120ppb) を超えるか否かの予測が重要であり、次の条件を追加した。

- ⑥ 高濃度域（オキシダント濃度120ppb近傍）で良く整合するよう、重み付重回帰モデルを用いる。

$$W.L.S = \sum_j w_j \cdot (y_j - \bar{y}_j)^2 \quad (7)$$

このW.L.Sが最小となるよう重回帰式が作成される。ここで、 w_j はサンプル合計値が1に規格化され、120ppb近傍の高濃度域において大きい値を取るよう設定された重み係数を意味する。

前節と同じ変数（表7参照）を用いて予測モデルの作成と検証を行った。図9に予測結果を、またモデルの評価結果を表8に示す。

表8 対象測定局に対する予測モデルの評価結果

	オキシダント実測値	オキシダント予測値	評価
モデル作成期間	123ppb	120ppb	○
	124ppb	121ppb	○
	114ppb	127ppb	△
モデル検証期間	126ppb	131ppb	○
	93ppb	130ppb	△

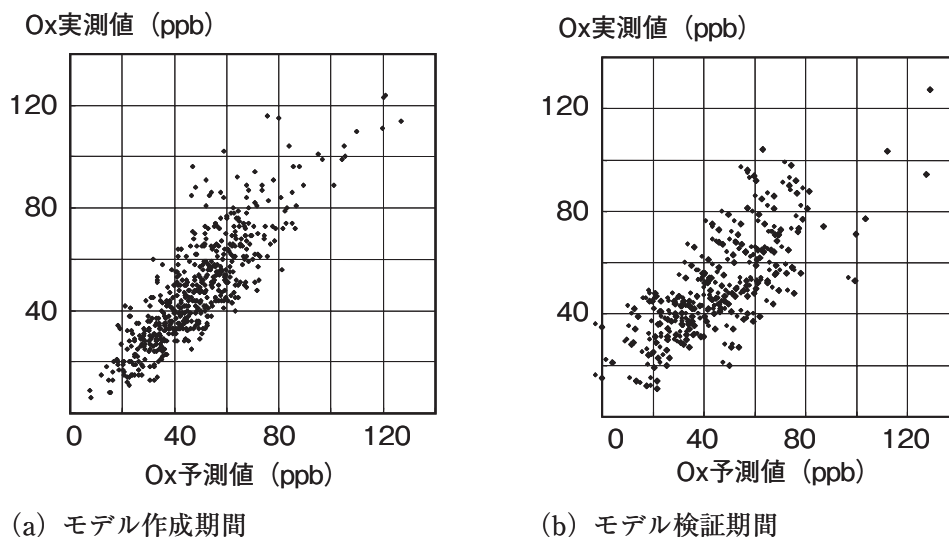


図9 対象測定局に対する予測結果

表8において、○は実測値と予測値のいずれも120ppbを超えていたケース、△は実測値が120ppb未満であるが予測値が120ppbを超えていたケース（安全側）を意味する。モデル作成期間に対しては、実測値が120ppbを超えたケースが2例あり、予測値はいずれも120ppbを超えていた。しかし、実測値が120ppb未満であるのに120ppbを超えると予測された例が一例あった。モデル検証期間に対しては、実測値が120ppbを超えたケースが一例あり、予測値はいずれも120ppbを超えていた。また、実測値が120ppb未満であるのに120ppbを超えると予測されたケースが一例あり、良好な評価結果を得た。

4.3 発令地域におけるOx日最高濃度の予測

4.3.1 モデル化の方針

緊急時の発令は、地域区分ごとに行われ、地域内で発令基準を超える局が1局でもあれば発令の対象となる。このため、地域の日最高濃度を予測する必要がある。このため、発令地域におけるオキシダントの日最高値を予測するモデルを検討した。モデルの検証のため、大阪市中心部の地域（Iの地域）を対象地域としてモデル化を試みた（図2参照）。

Iの地域には6局のオキシダント監視局がある。発令地域のオキシダント日最高濃度を求めるモデルとして、まず、対象局におけるモデル化と同様に表7に示した後件部変数を用いて各局のオキシダント日最高濃度を予測し、次に、各測定局の予測結果から地域の最高値を抽出し、この値を発令地域の日最高濃度とすることとした。また、大阪府域の常時監視測定局では、表1に示した項目全てを測定している局は少ないため、予測対象の測定局で測定していない項目については直近の測定局のデータを用いることとした。

4.3.2 発令地域におけるモデル化と予測結果

モデルの検証結果を図10に示す。また、表9にはモデル評価結果として、実測結果もしくは予測結果が注意報発令基準である120ppb（0.12ppm）を超えた場合の実測値と予測値の関係を示す。ここで、表9において、○及び△は表8と同じ意味であり、×は実測値が120ppbを超えていたが予測値が120ppb未満であったケース（危険側）を意味する。

表9 発令地域 I における高濃度域における実測値と予測値の比較と評価結果

	オキシダント実測値	オキシダント予測値	評価
モデル作成期間	142ppb	124ppb	○
	158ppb	151ppb	○
	139ppb	126ppb	○
	132ppb	121ppb	○
	129ppb	121ppb	○
	84ppb	124ppb	△
	111ppb	136ppb	△
	96ppb	132ppb	△
	86ppb	124ppb	△
	117ppb	125ppb	△
	95ppb	126ppb	△
	103ppb	130ppb	△
	114ppb	127ppb	△
モデル検証期間	133ppb	121ppb	○
	134ppb	130ppb	○
	104ppb	123ppb	△
	104ppb	132ppb	△
	123ppb	98ppb	×
	128ppb	110ppb	×

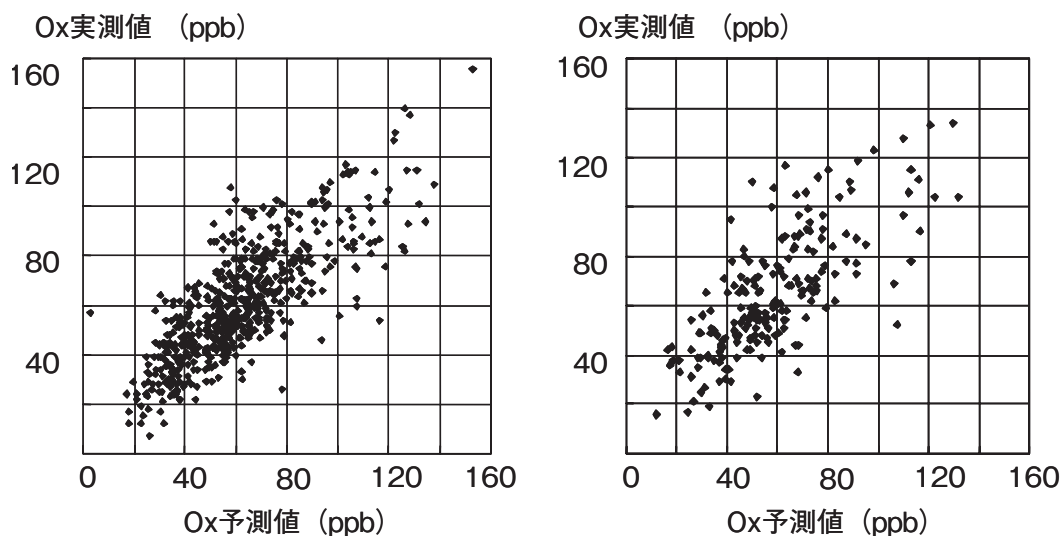


図10 発令地域 I における予測結果

モデル作成期間に対しては、実測値が120ppbを超えたケースが5例あり、対応する予測値はいずれも120ppbを超えていた（表9における評価の○印）。しかし、実測値が120ppb未満であるのに120ppbを超えると予測された例が8例あった（同△印）。モデル検証期間に対しては、実測値が120ppbを超えたケースが4例あり、そのうち2例が120ppbを超えると予測されたが（同○印）、2例は120ppb未満と予測された（同×印）。しかし、

この×印の2例についても予測値は100ppbを超える高濃度と予測されており、光化学スモッグ緊急時支援のための予測モデルとしては利用可能範囲にある。また、モデル検証期間において、実測値が120ppb未満であるのに120ppbを超えると予測された例が2例あったが（同△印）、このケースは予測結果を低く見積もるものではなく、安全側の予測といえる。これらのことから、本予測モデルは光化学スモッグ緊急時支援に有用と判断できた。

6. おわりに

光化学スモッグの緊急時支援のための新旧2つのオキシダント短期予測モデルについて解説した。特に、新しいモデルは測定局における測定項目が少なくても近傍の測定局のデータで補完できることから、測定項目が縮小されている現状に合ったモデルであるといえる。

過去に開発したモデルについては、当時用いたコンピュータは大きな電子計算機室に設置され当時では高性能であったが、現在のパーソナルコンピュータと比較しても圧倒的に演算速度は遅く、短時間で多くの測定局に対して予測計算を行うには工夫が必要であった。しかし、今ではこのような統計的予測計算はパーソナルコンピュータを用いても瞬時に行うことができ、コンピュータ技術の発展にはいまさらながら愕くものがある。

光化学スモッグの緊急措置は、あくまでオキシダント高濃度時に対する対症療法的な対策である。オキシダントは全国的に全ての測定局で環境基準が達成されていない項目であり、また、近年では、光化学スモッグ注意報レベルの高濃度現象にも大陸からの広域的な移流の影響が観測されている¹³⁾。2006年に施行されたオキシダントの原因の一つであるVOCの排出規制の効果もある程度は期待されるが、国際間の協力による広域的な対策の強化が必要となり、このような対策の効果に関する予測・評価に繋がるモデルの開発も検討していきたい。

参考文献

- 1) 藤田眞一・葉山幸雄・正木義則, [1982], 大気汚染の短期予測－オキシダントの予測手法を中心として, 環境技術, Vol.11, No.3, pp.183-187.
- 2) Fujita S. and H. Koi., [1984], Application of GMDH to Environmental Modeling and Management, in S. J. Farlow (editor), *Self-organizing Methods in Modeling - GMDH Type Algorithms*, Marcel Dekker Inc., pp.257-275.
- 3) Ivakhnenko A. G., [1968], The Group method of Data Handling, A Revival of the Method of Stochastic Approximation, *Sov. Autom. Control.*, Vol.1, No.1, pp.43-55.

- 4) 河口至商, [1976], 「多変量解析」, 森北出版刊.
- 5) 秋元肇, [2003], オキシダントの増加と東アジアオゾン汚染, 環境技術, Vol.32, No.7, pp.510-516.
- 6) <http://www.epcc.pref.osaka.jp/books/koukagaku/h18/> [2006].
- 7) Fujita S. and H. Tamura, [2006], Development of a Short-term Prediction Model for Predicting Photochemical Oxidants in a Local Area. *CD-ROM Proceedings of SICE-ICASE International Joint Conference 2006*, Bussan, Korea.
- 8) 藤田眞一, [2007], ファジィモデルを用いた光化学オキシダント短期予測手法の開発, 第7回環境技術学会研究発表会 講演予稿集, pp.193-194.
- 9) Tamura H. and T. Kondo, [1977], Large-Spatial Pattern Identification of Air Pollution by Combined Model of Source-Receptor Matrix and Revised GMDH, *Proc. IFAC Sympo. On Environmental System Planning and Control*. pp.373-380, Kyoto.
- 10) 正木義則・藤田眞一・葉山幸雄, [1983], 光化学オキシダントの予測モデル, 第25回 大気汚染学会講演要旨集, p.496.
- 11) Takagi T. and M. Sugeno, [1985], Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control, *IEEE Trans. Sys. Man and Cyber. SMC-15*, 1, pp.116-132.
- 12) 中森義輝, [1994], 「ファジィモデリング」, オーム社刊.
- 13) 黒川純一・大原利眞・早崎将光・鶴野伊津志, [2008], ネスト版RAMS/CMAQ連携モデルによる2007年5月8, 9日に発生した広域的な光化学オゾン汚染の解析, 大気環境学会誌, Vol.43, No.4, pp.209-224.